

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

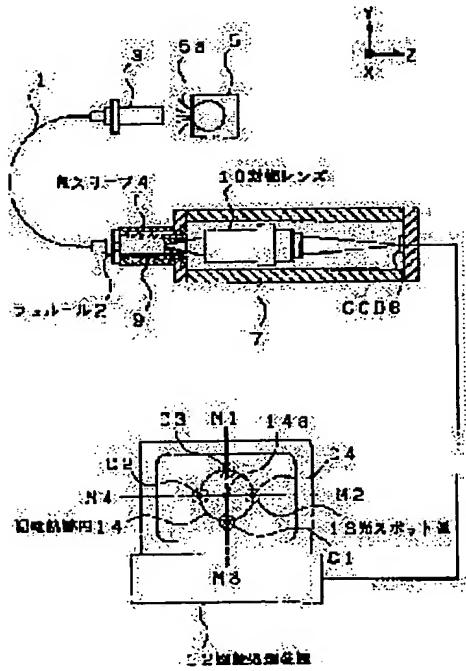
(11) Publication number : 08-029642

(43) Date of publication of application : **02.02.1996**

(51)Int.CI. G02B 6/36
G01M 11/00
G02B 6/00
G02B 27/62

(21)Application number : 06-165651 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>
(22)Date of filing : 18.07.1994 (72)Inventor : SASAKURA KUNIHIKO
NAGAYAMA AKIRA

(54) METHOD FOR MEASURING ECCENTRICITY OF OPTICAL CONNECTOR AND DEVICE THEREFOR



(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a method for measuring eccentricity of an optical connector capable of measuring the eccentricity direction of the optical connector with high accuracy and high reliability without damaging the end face of the optical connector and a device therefor.

CONSTITUTION: A ferrule 2 of the optical connector is inserted into a split sleeve 4 and is positioned and held in an arbitrary rotating direction of a circumferential direction. The emitted light from an optical fiber is condensed by an objective lens 10 and is received by a CCD 8. The two-dimensional position of a received light spot image 13 is detected by an image processor 12 and the ferrule 2 is rotated in the circumferential direction. The eccentricity direction of the optical fiber core is decided from the central position 14a of the rotating locus circle 14 of the light spot image 13 and the

position of the light spot image 13.

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 02 B 6/36

G 01 M 11/00

G 02 B 6/00

27/62

F

G 02 B 6/00

A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平6-165651

(22)出願日

平成6年(1994)7月18日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 笹倉 久仁彦

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 永山 昭

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

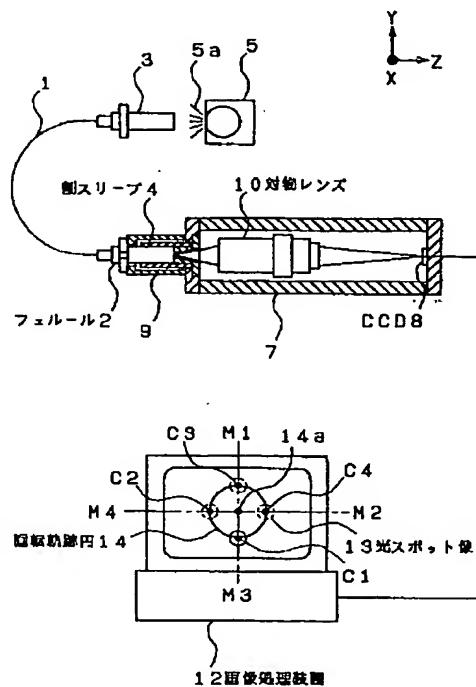
(74)代理人 弁理士 吉田 精孝

(54)【発明の名称】光コネクタの偏心測定方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】光コネクタ端面に損傷を与えることがなく、しかも高精度且つ高信頼に光コネクタの偏心方向を測定することができる光コネクタの偏心測定方法及びその装置を提供することにある。

【構成】光コネクタのフェルール2を割スリープ4に挿入して周方向の任意の回転向きで位置決め把持し、光ファイバ11からの出射光を対物レンズ10により集光してCCD8で受光するとともに、受光した光スポット像13の2次元位置を画像処理装置12により検出し、フェルール2を周方向に回転させて光スポット像13の回転軌跡円14の中心位置14aと光スポット像13の位置から光ファイバコア11aの偏心方向が判定される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光コネクタにおける光ファイバコアの偏心方向を測定する光コネクタの偏心測定方法において、光コネクタのフェルールを把持し、光コネクタからの出射光を対物レンズにより集光して光電変換素子で受光するとともに、受光した光スポット像の2次元位置を画像処理により検出し、偏心方向の基準となる点と光スポット像の位置関係から光ファイバコアの偏心方向を判定することを特徴とする光コネクタの偏心測定方法。

【請求項2】 光コネクタにおける光ファイバコアの偏心方向を測定する光コネクタの偏心測定方法において、光コネクタのフェルールを周方向の任意の回転向きで位置決め把持し、光コネクタからの出射光を対物レンズにより集光して光電変換素子で受光するとともに、受光した光スポット像の2次元位置を画像処理により検出し、光コネクタのフェルールを周方向に回転させて光スポット像の回転軌跡円の中心位置を求め、この中心位置と光スポット像との位置関係から光ファイバコアの偏心方向を判定することを特徴とする光コネクタの偏心測定方法。

【請求項3】 光コネクタのフェルールを周方向の任意の回転向きで位置決め把持する把持手段と、光コネクタからの出射光を集光する対物レンズと、対物レンズで集光した出射光を受光する光電変換素子と、光電変換素子で受光した光スポット像の2次元位置を画像処理により検出する画像処理装置とを備えたことを特徴とする光コネクタの偏心測定装置。

【請求項4】 光コネクタからの出射光を集光して前記対物レンズの焦点位置へ結像させるリレーレンズを備えたことを特徴とする請求項3記載の光コネクタの偏心測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信に用いられる光コネクタの偏心方向を検出する光コネクタの偏心測定方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光通信システムに用いられる光コネクタでは、光接続部における低接続損失化が要求されるため、対向する光コネクタの光ファイバコアの偏心方向が互いに一致するように組立てられる。光コネクタの偏心とは、フェルール外径を真円と仮定し、この真円の中心と実際の光コネクタコアの中心とが一致していないことを指し、光コネクタの偏心方向を測定することは、フェルールの外径を基準として光ファイバコアの偏心方向を

検出することを指す。

【0003】 図6は光軸方向から見たフェルールの正面図、図7は光コネクタの側面断面図で、同図を参照して光コネクタの偏心について説明する。図中、31はフェルール、32は光ファイバ、32aは光ファイバコア、33はフェルール31のつば部、34はナイロンジャケット、35はPVC外皮である。

【0004】 光コネクタの組立手順としては、まず光ファイバコードのPVC外皮35、ナイロンジャケット34及び光ファイバ32上に付着しているプライマリーコートを除去する。次に、光ファイバ32を接着剤が充填されたフェルール31、即ち外径精度及び同心度の良いジルコニア製の中子内に挿入した後、高温処理によりフェルール31に接着固定する。続いて、光ファイバ32をフェルール31に接着固定した後、フェルール31端面を凸球面状に研磨し、これらを光コネクタのハウジング(図示せず)に組込むことにより、光コネクタの組立が完了する。また、光コネクタの接続は、一对の光コネクタをアダプタ内の割スリーブに挿入し、光コネクタ端面同士を物理的に接触させることにより行なわれる。このように、光コネクタではフェルールの外径を基準として対向する光ファイバコア同士を位置決めすることによって光接続を実現している。従って、光コネクタ接続の低損失化を図るためにには、光ファイバコア間の相対的な光軸ずれが生じないことが必要である。これを実現する一つの方法として、同心度及び外径精度に優れたフェルールとコア偏心の少ない光ファイバを用い、しかも光ファイバ外径とフェルール内径のクリアランスを小さくするようにフェルール内径を選別使用して組立てることが考えられる。しかし、厳密に選別使用しても各選定項目でそれぞれ0.5 μm程度の誤差があるため、光コネクタ組立時には、光コネクタのフェルール外径を基準として、最高で2 μm程度の偏心量が存在する。この値は片側のフェルールの偏心量であり、光コネクタ接続時には2つのフェルールを対向させるため、最高で4 μmの偏心量となり、例えば光通信用シングルモード光ファイバ用光コネクタでは、2 dB以上の接続損失となる。一方、光通信用光コネクタでは低損失な光接続(例えば接続損失1 dB以下)が要求される。このように部品を選別使用して低損失化を図る方法では、部品の選別によるコストアップと、組立における歩留りの低下により、光コネクタのコストアップを来すという問題が生ずる。そこで、光通信用光コネクタでは、フェルール内のファイバコアの偏心方向を検出して位置決めを行ない、対向する光ファイバコア間の相対光軸ずれ領域を減らし、接続損失を低減する方法がとられている。

【0005】 図8乃至図10に偏心方向を検出する従来例を示す。図8は従来例の偏心方向測定装置の概略構成図、図9は光軸方向から見た偏心検出フェルールの正面図、図10は光軸方向から見た被検フェルールの正面図

であり、図中、41は安定化LD光源、42は偏心検出フェルール、42aはフェルールつば部、42bは光ファイバコア、43は偏心測定用光コード、44はLD光源接続用光コネクタ、45はアダプタ、46は被検フェルール、47は光コード、48は終端側フェルール、49は受光素子、50はパワーメータである。

【0006】この測定方法は偏心マスタ法と呼称される方法で、安定化LD光源41に偏心検出フェルール42を片端に有する偏心測定用光コード43を接続した後、偏心検出フェルール42と、光ファイバを所定の方向に偏心させた偏心測定用光コード43とを接続し、更に偏心検出フェルール42と偏心方向を検出しようとする被検フェルール46とをアダプタ45を介して接続し、光コード47の終端側フェルール48をパワーメータ50の受光素子49に接続する。偏心検出フェルール42は、図9に示すように偏心検出フェルール42のつば部42aに設けられた計4箇所の切り欠き溝の1つと偏心している方向が一致するよう作成されており（図9の溝M1）、偏心検出フェルール42の中心Oと光ファイバコア42b中心との偏差である偏心量としては0.5μm以上のものが用いられる。

【0007】この偏心検出フェルール42と被検フェルール46とをアダプタ45を介して接続すると、両フェルール42、46の光ファイバコア42b、46b間の相対偏心量に比例した接続損失が生じる。従って、被検フェルール46の偏心方向を検出するためには、各光ファイバコア42b、46b間の相対偏心量が最も小さくなる位置、即ちパワーメータ50に表示された接続損失値が最も小さくなる被検フェルール42のつば部42aの切り欠き溝の位置を4箇所の中から1箇所選択すれば良い。この偏心方向を示す切り欠き溝を光コネクタ内に設けられた突起と合わせて組立てることにより、光コネクタの偏心方向が一意固定できる。これにより、対向する光ファイバコア間の相対位置誤差が低減、即ち低損失な光接続が実現できるというのが偏心マスタ法の特徴である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】前記測定方法では特殊な装置を用いることなく簡便に偏心方向を測定できるという利点を有するが、接触式の測定方法のため、光ファイバ端面を損傷させる恐れがあった。また、接続損失のみの間接的な情報から偏心方向を決定しているため、端面にゴミや傷等があった場合には、それらの要因による過剰接続損失が生じ、偏心方向を誤認して低損失な光コネクタ接触ができなくなるという問題点があった。

【0009】本発明は前記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、光コネクタ端面に損傷を与えることのない光コネクタの偏心測定方法及びその装置を提供することにある。また、他の目的とするところは、前記目的に加え、高精度且つ高信頼に光コネク

タの偏心方向を測定することのできる光コネクタの偏心測定方法及びその装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成するため、請求項1では、光コネクタにおける光ファイバコアの偏心方向を測定する光コネクタの偏心測定方法において、光コネクタのフェルールを把持し、光コネクタからの出射光を対物レンズにより集光して光電変換素子で受光するとともに、受光した光スポット像の2次元位置を画像処理により検出し、偏心方向の基準となる点と光スポット像の位置関係から光ファイバコアの偏心方向を判定するようしている。

【0011】また、請求項2では、光コネクタにおける光ファイバコアの偏心方向を測定する光コネクタの偏心測定方法において、光コネクタのフェルールを周方向の任意の回転向きで位置決め把持し、光コネクタからの出射光を対物レンズにより集光して光電変換素子で受光するとともに、受光した光スポット像の2次元位置を画像処理により検出し、光コネクタのフェルールを周方向に回転させて光スポット像の回転軌跡円の中心位置を求め、この中心位置と光スポット像との位置関係から光ファイバコアの偏心方向を判定するようしている。

【0012】また、請求項3では、光コネクタのフェルールを周方向の任意の回転向きで位置決め把持する把持手段と、光コネクタからの出射光を集光する対物レンズと、対物レンズで集光した出射光を受光する光電変換素子と、光電変換素子で受光した光スポット像の2次元位置を画像処理により検出する画像処理装置とを備えた光コネクタの偏心測定装置を構成している。

【0013】また、請求項4では、請求項3記載の光コネクタの偏心測定装置において、光コネクタからの出射光を集光して前記対物レンズの焦点位置へ結像させるリーレンズを備えている。

【0014】

【作用】請求項1の光コネクタの偏心測定方法によれば、光コネクタのフェルールを把持し、光コネクタからの出射光を対物レンズにより集光して光電変換素子で受光するとともに、受光した光スポット像の2次元位置を画像処理により検出し、偏心方向の基準となる点と光スポット像の位置から光ファイバコアの偏心方向が判定される。

【0015】また、請求項2の光コネクタの偏心測定方法によれば、光コネクタのフェルールを周方向の任意の回転向きで位置決め把持し、光コネクタからの出射光を対物レンズにより集光して光電変換素子で受光するとともに、受光した光スポット像の2次元位置を画像処理により検出し、光コネクタのフェルールを周方向に回転させて光スポット像の回転軌跡円の中心位置と光スポット像の位置から光ファイバコアの偏心方向が判定される。

【0016】また、請求項3の光コネクタの偏心測定装

置によれば、光コネクタのフェルールが把持手段によって周方向の任意の回転向きで位置決め把持され、光コネクタからの出射光は対物レンズで集光される。また、対物レンズで集光された出射光は光電変換素子で受光されるとともに、光電変換素子で受光された光スポット像の2次元位置が画像処理装置により検出されることから、偏心方向の基準となる点、或いは光コネクタのフェルールを周方向に回転させることにより求められる光スポット像の回転軌跡円の中心位置と光スポット像の位置から光ファイバコアの偏心方向が判定される。

【0017】また、請求項4の光コネクタの偏心測定装置によれば、請求項3の作用に加え、光コネクタからの出射光がリレーレンズにより集光されて対物レンズの焦点位置に結像されることから、光ファイバのコア像の位置が対物レンズの焦点位置へ見かけ上移動され、光ファイバの端面から対物レンズまでの距離を長くすることが可能になる。

【0018】

【実施例】図1乃至図3は本発明の第1の実施例を示すもので、図1は光コネクタの偏心測定装置を示す概略構成図、図2はその部分拡大図、図3は光軸方向から見たフェルールの正面図である。同図において、1は光コード、2は偏心方向検出用被検フェルール、2aはフェルール2のつば部、M1乃至M4はつば部2aに設けた切り欠き溝、3は光コード1の他端側フェルール、4はフェルール2を把持する割スリーブ、5は白色光源、5aは白色光、6は割スリーブ4を保持する中空の割スリーブホルダ、7は測定器本体、8は光電変換素子をなすCCD、9はホルダ、10は対物レンズ、11は光ファイバ、11aは光ファイバコア、12は画像処理装置、13はCCD8上の光スポット像、14は4つの光スポット像の中心より求めた回転軌跡円、14aは回転軌跡円の中心位置である。

【0019】以下、図1乃至図3を参照して偏心方向を検出する実施例について説明する。光コネクタの偏心方向を検出することは、フェルール2内の光ファイバ11のコア11aが偏心している方向に最も距離が近いつば部2aの切り欠き溝（図3ではM3）を判定することである。

【0020】まず、両端光コネクタ付光コード1の片端に取付けられた被検フェルール2を偏心測定器本体7の先端部に取付けられた割スリーブ4に挿入する。この時、光ファイバ11のコア11aの偏心方向と切り欠き溝M1～M4との位置決めを行うため、被検フェルール2の切り欠き溝M1をホルダ9の先端に設けたキー9aに合わせて挿入する。この挿入された被検フェルール2の先端のコア11aは、割スリーブ4内の割スリーブホルダ6の先端部、或いは別部品で構成したストップバに突き当たられ、対物レンズ10の焦点位置f1に位置決めされる。割スリーブ4には、光コネクタのアダプタに使

用されているジルコニア製のスリーブを用いることが望ましく、これを用いることによりフェルール外径のバラつきを吸収できるとともに、サブμmオーダの繰返し位置再現性（XY方向）を実現できるので、高精度な偏心測定が可能となる。割スリーブ4は、割スリーブ4の内径より若干大きな外径（フェルール2の外径と同等）を有する中空の割スリーブホルダ6に挿入固定されている。また、割スリーブホルダ6及びCCD8はそれぞれ偏心測定器本体7に固定されているので、割スリーブ4とCCD8間の距離も一定に保たれている。

【0021】次に、被検フェルール2内のコア11aの位置を検出するため、他端フェルール3から白色光5aを入射する。この入射白色光5aは、光コード1内を伝播して被検フェルール2内のコア11aから出射し、割りスリーブホルダ6内の空隙部6aを透過した後、対物レンズ10に入射してCCD8上に結像する。このCCD8に結像した光スポット像13の2次元位置の中心C1を画像処理装置12を用いて求める。次に、フェルール2を周方向、即ちZ軸回りに90度回転して次の切り欠き溝M2をキー9aに合わせて挿入し、光スポット像13の中心C2を画像処理装置12により求める。この操作を計4箇所の切り欠き溝M1～M4の全てに対して行い、光スポット像13の4点の中心C1～C4を求める。この場合、例えば中心C1は切り欠き溝M1にキー9aに合わせたときの光スポット像13の中心に対応する。従って、この4点の光スポット像13の中心C1～C4の回転軌跡円14からフェルール回転中心、即ちフェルール2の中心位置14aを求めることができる。

【0022】以上のことから、フェルール2の中心位置14a、フェルール2の各切り欠き溝M1～M4及び光スポット像13の中心C1～C4の対応位置関係が判明するので、光スポット像13の中心位置14aに最も近い切り欠き溝、即ち光コネクタの偏心方向を検出することができる。例えば、図1においては、切り欠き溝M1とキー9aを合わせたときの光スポット像13の中心C1に最も近い切り欠き溝はM3となるので、光ファイバ11のコア11aは切り欠き溝M3の方向に偏心していることが判定される。

【0023】このように、光スポット像13の中心C1～C4から回転軌跡円14を求めるようにした本実施例の利点は、フェルール側面もしくは割スリーブ4内にゴミ等が存在している場合、4点の中心C1～C4が回転軌跡円14上に正確にプロットされなくなるため、ゴミ、付着物または傷等による測定障害を速やかに知ることができ、偏心方向の誤認を確実に防止することができる。また、本実施例では光ファイバ11の端面に接触することなく測定できるので、光ファイバ11の端面の損傷を確実に防止することもできる。

【0024】一方、フェルール2や割スリーブ4内の清掃により常にゴミや付着物等を排除できる場合には、予

めCCD 8上の割スリーブ4の仮想中心、或いは挿入されるフェルール2の中心を偏心方向の基準点として求めておくことにより、CCD 8に結像した光スポット像13の中心を一回測定するだけで偏心方向を示す切り欠き溝M 1～M 4を判定することができ、高速な偏心測定が可能となる。

【0025】ところで、偏心方向を更に高分解能で検出するためには、高倍率の対物レンズを使用する必要がある。しかしながら、前記第1の実施例で示したように、割スリーブホルダ6には、光ファイバ11からの出射光を遮らないように空隙部6aを形成する必要がある。従って、高倍率の対物レンズになる程、対物レンズのNAは大きな値となり、その結果、割スリーブホルダ6の把持しろ、即ち割スリーブ4に挿入されている部分が短くなり、このため割スリーブ4の把持が不安定になり、測定精度を低下させる原因となる。これを解決するため、高倍率の対物レンズを用いても十分な長さの把持しろを確保することができ、より高精度な測定を可能にした実施例を図4及び図5に示す。

【0026】即ち、図4及び図5は本発明の第2の実施例を示すもので、図4は偏心測定装置の概略構成図、図5の(a)はストッパの側面断面図、図5の(b)はその正面図である。同図において、21は微小に形成されたリーレンズ、22はフェルール内の光ファイバ端面をリーレンズ21の焦点位置f3に位置決めするためのストッパ、23はリーレンズ21を内蔵した割スリーブホルダである。尚、前記実施例と同等の構成部分には同一の符号を付して示す。また、本実施例では、画像処理を用いて偏心方向を検出する偏心測定方法は第1の実施例と同様であるため、構成の異なる光学系の部分についてのみ説明する。

【0027】本実施例では割スリーブホルダ23内にリーレンズ21を備えていることが特徴であり、フェルール2を割スリーブ4を有するホルダ9内に挿入し、光ファイバ11の端面をストッパ22に突き当てるにより、リーレンズ21の焦点位置f3に位置決められる(Z軸方向)。ストッパ22の構造としては、円板状部材の中心部に円形の空隙部22aを形成した簡単なものでよく、空隙部22aの直径としては、光ファイバコア11aから出射される光を遮らない大きさがあればよい。

【0028】リーレンズ21は割スリーブホルダ23内に配置されており、割スリーブホルダ23は本体7に固定されている。光ファイバコア11aからの出射光はリーレンズ21により集光されるとともに、対物レンズ10の焦点位置f2に結像させられる。これにより、光ファイバ11のコア11a像の位置を対物レンズ10の焦点位置f2へ見かけ上移動させることができる。その結果、光ファイバ11からの出射光は割スリーブホルダ23に干渉されることなく対物レンズ10に入射する

ことから、割スリーブ4の把持しろを長くすることができ、フェルール2を安定して把持することができる。従って、測定精度が低下させることなく対物レンズ10に高倍率のものを用いることができ、再現性のよい高精度な偏心方向の検出を実現することができる。また、本実施例では1個のリーレンズ21で像位置変換機能を説明したが、実際には色、球面収差等を低減するため、アクロマチックレンズのような組レンズで構成することができる良好な像質を得る上で望ましい。また、経済性を考慮して既存の対物レンズを使用する構成を示したが、リーレンズ、結像レンズに非球面レンズを適用しても同様の機能を実現することができるので、この場合はレンズ径の構成が簡単になり装置の小型化が可能となる。

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の光コネクタの偏心測定方法によれば、光コネクタの偏心方向を結像光学系と画像処理とを組合せて非接触で検出することができるため、従来の接触式測定方法で問題となっていた光コネクタ端面の損傷を確実に防止することができる。

【0030】また、請求項2の光コネクタの偏心測定方法によれば、請求項1の効果に加え、光コネクタ端面にゴミ等が付着した場合でも、このような測定障害を速やかに知ることができるので、偏心方向の誤認を確実に防止することができ、光コネクタの偏心方向を高精度且つ高信頼に測定することができる。

【0031】また、請求項3の光コネクタの偏心測定装置によれば、光コネクタ端面の損傷を確実に防止でき、しかも光コネクタの偏心方向を高精度且つ高信頼に測定可能な装置を具体的に実現することができる。

【0032】また、請求項4の光コネクタの偏心測定装置によれば、請求項3の効果に加え、光ファイバの端面から対物レンズまでの間にフェルールの把持部分を十分に確保することができるので、フェルールを安定して把持することができ、高倍率の対物レンズを用いて測定精度の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す偏心測定装置の概略構成図

【図2】偏心測定装置の部分拡大図

【図3】光軸方向から見たフェルールの正面図

【図4】本発明の第2の実施例を示す偏心測定装置の概略構成図

【図5】ストッパの側面断面図及び正面図

【図6】従来例を示す光軸方向から見たフェルールの正面図

【図7】従来例を示す光コネクタの側面断面図

【図8】従来例を示す偏心方向測定装置の概略構成図

【図9】光軸方向から見た偏心検出フェルールの正面図

【図10】光軸方向から見た被検フェルールの正面図

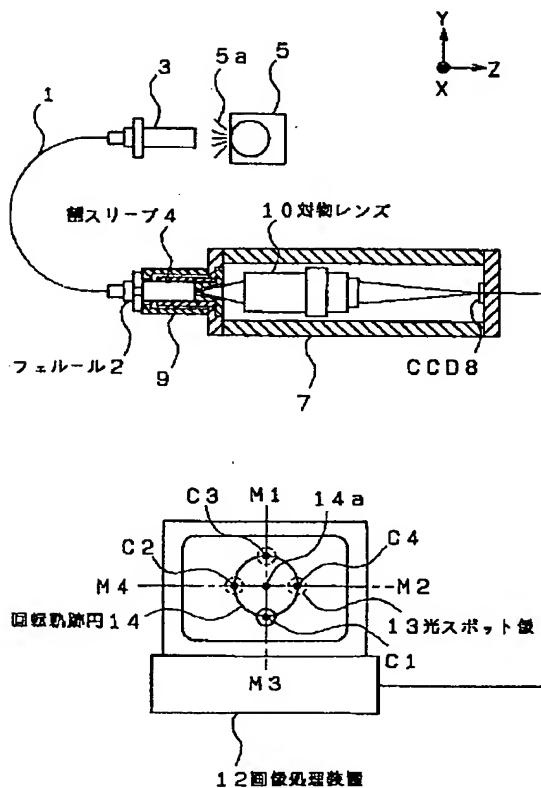
10

【符号の説明】

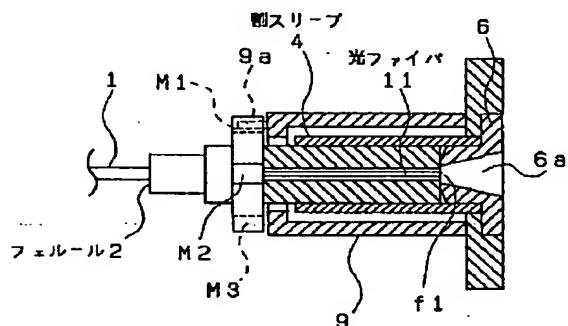
2…フェルール、4…割スリープ、6…割スリープホルダ、8…CCD、10…対物レンズ、11…光ファイ *

*バ、11a…光ファイバコア、12…画像処理装置、13…光スポット像、14…回転軌跡円、21…リレーレンズ、23…割スリーブホルダ。

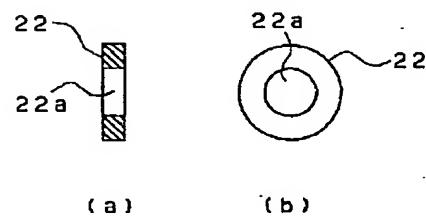
〔図1〕



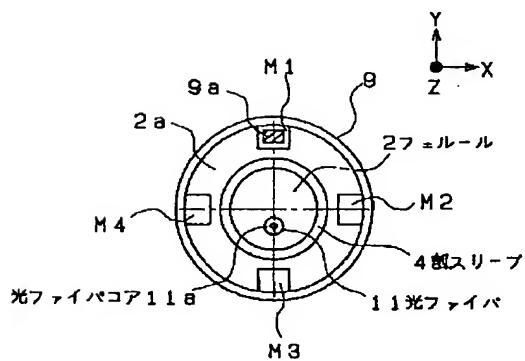
[圖2]



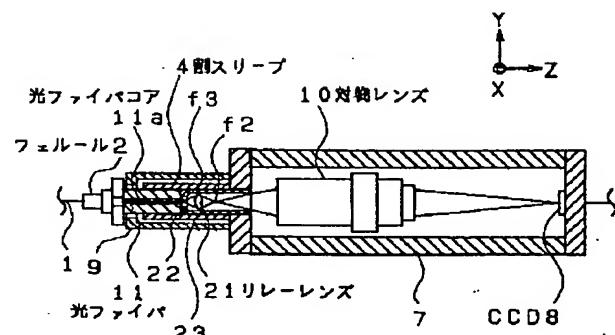
[圖 5]



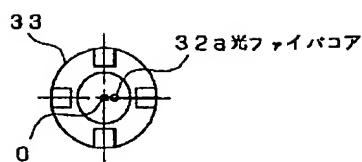
〔図3〕



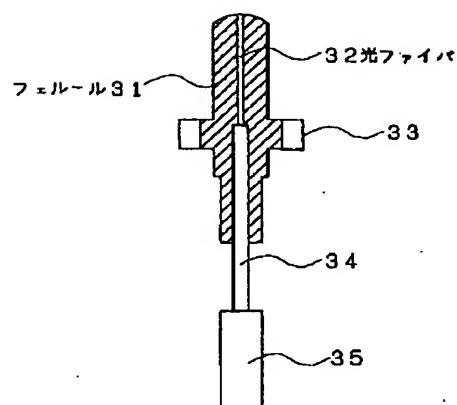
[4]



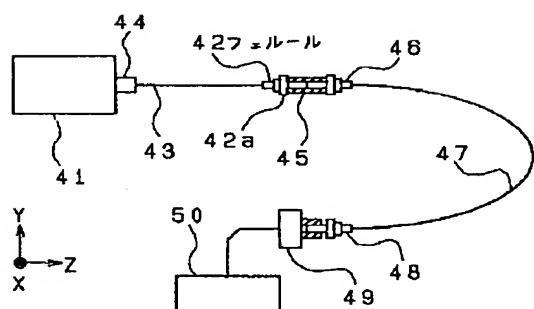
【図6】



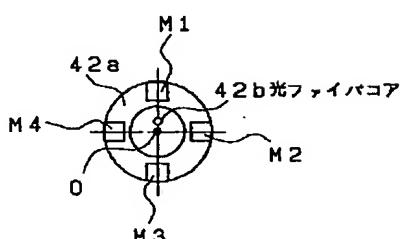
【図7】



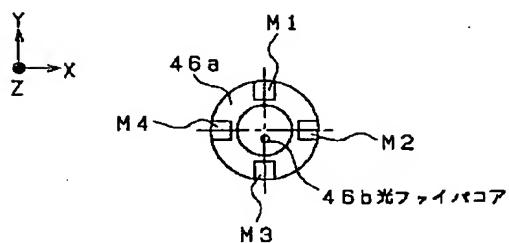
【図8】



【図9】



【図10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.